知识融合研究的现状分析及建议*

李广建 陈瑜
北京大学信息管理系 北京 100871

摘要：[**目的/意义**]人类社会在从信息社会向后信息时代过渡的进程中，正在经历从"信息"向"智能"的跨越。在大数据环境和人工智能技术发展的双重因素作用下，知识融合作为知识化和智能化过程中的关键环节，为完善知识服务、智慧服务、催生高级智能形态提供了重要的理论和技术支撑。开展基于全学科视角的知识融合调研，扩展知识融合研究视域，为全面阐释知识融合研究现状，构建统一的知识融合理论研究框架提供借鉴。[**方法/过程**]本文采用定量与定性结合的文献分析方法，分析不同学科视角下知识融合研究现状，归纳知识融合在不同学科中的主要研究内容和关注的问题、知识融合涉及到的因素、知识融合的应用场景等。[**结果/结论**]知识融合研究属于多交叉学科领域，概念边界模糊，研究领域分散，目前尚未形成统一的研究框架。本文通过文献调研，在充分总结既往知识融合研究成果的基础上，划分知识融合的研究取向，为知识融合研究提出合理建议。

关键词：知识融合 全学科视角 研究现状 研究建议
分类号：G203
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2019.01.007

1 导言

大数据环境下，多个学科领域都在累积各种形式的多源知识，知识融合成为当前十分重要的研究课题。与单一来源的知识相比，融合的知识具有更多的维度和广度，可以为观察、比较和理解同一个问题提供不同视角。应用知识融合的思想、理论、方法、技术、模型可以进行多源知识融合，从而产生新的知识，丰富知识的内容和层次，提高知识的信度，构建更完善的知识体系，提供更全面、精准、智慧的知识服务，促进决策水平的提高[1]。

知识融合是一个多学科交叉研究领域，计算机科学、图书情报学、管理科学、教育学、经济学、工程技术等领域都从不同侧面对知识融合进行了研究。正是由于知识融合研究的这种学科交叉性，加之其概念内涵丰富、外延广泛，目前尚未形成统一的定义。因此，开展基于全学科视角的知识融合研究，对扩展知识融合研究视域和阐释知识融合研究全貌，形成统一的知识融合理论研究框架具有重要意义。

有研究[2]通过全领域的知识融合研究图谱对比了国内外知识融合研究情况，发现从文章数量上来看，国内的知识融合研究主要集中在社会科学和信息科技领域，而国外则以信息科技和工程科技领域占比最为显著。虽然国内外都以信息科学和工程科技领域为知识融合的研究主力，但国内图书情报领域对知识融合研究的关注度明显高于国外，并且在近3年呈现快速增长趋势。

本文以国内文献为主要调研对象，从定性和定量的角度阐释知识融合研究现状，包括：知识融合研究在各学科中的分布；不同学科对知识融合的认识；不同学科对知识融合研究的内容或关注的问题；知识融合涉及到的因素；知识融合的应用等；在此基础上初步得到全域知识融合研究的特点，为知识融合研究提出合理建议。

2 知识融合研究现状分析

2.1 数据来源与研究方法

在CNKI中进行跨库检索，检索库为硕士论文、博

* 本文系国家社会科学基金重大项目"大数据时代知识融合的体系架构、实现模式及实证研究"（项目编号：15ZDB129）研究成果之一。
作者简介：李广建（ORCID：0000-0002-2897-6246），教授，博士，博士生导师；陈瑜（ORCID：0000-0002-6964-5101），博士研究生，通讯作者，E-mail：y.chen@pku.edu.cn。
收稿日期：2018-10-16 修回日期：2018-11-28 本文起止页码：41-51 本文责任编辑：王传清

士论文、期刊、国内会议 4 个数据库。以“主题 = 知识融合”为检索式,得到 988 条结果。

采用定量与定性结合的文献分析方法。定量分析的内容包括:①对文献的年代分布和学科分布进行统计描述。②基于文献摘要关键词的共现网络分析。首先对摘要进行分词,与关键词表匹配,得到全部文章的关键词列表。然后绘制共词网络图。共词网络图中,节点属性是关键词词频,边的属性是共现次数。最后对共词网络进行聚类,本文使用 Gephi 软件中 Modularity Class 算法进行聚类。在共词网络图中,具有高模块性的网络在模块内的节点之间具有密集的连接,但是在不同模块中的节点之间连接稀疏。简言之,同一聚类模块内的边尽可能多,而各聚类模块之间的边尽量地少。定性分析部分主要是内容分析,逐一查看文献内容,并结合定量分析结果,阐释全领域知识融合研究现状。

2.2 知识融合研究数量分析

2.2.1 论文的年度分布 对 988 篇相关文章的发表年代进行统计,结果如图 1 所示:

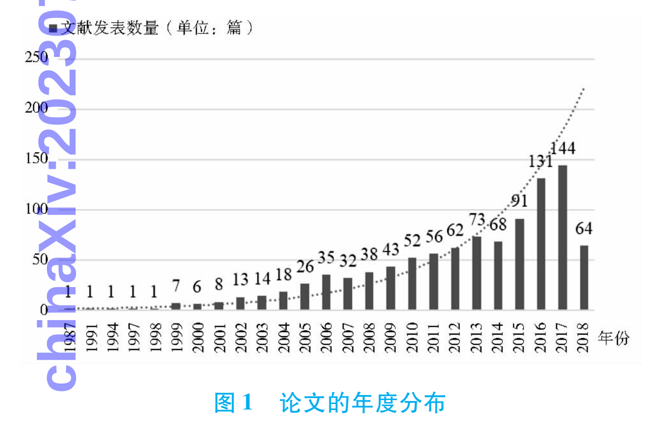


图 1 论文的年度分布

从图 1 可以看出,知识融合主题的论文发表数量整体上呈现近似指数增长的趋势,论文数量除 2014 年有所回落以外,在近 5 年都保持着较高的增幅。2015 年和 2016 年的文献增长率分别是 33.82% 和 43.96% ,2016 年起年发文数量超过了 100 篇。2018 年(截至 7 月 9 日)知识融合主题的论文数已达 64 篇,说明知识融合正在得到越来越多的学者关注。

2.2.2 论文的学科分布 以文献分类号作为参考,结合文献的具体内容,在舍弃一些数量较少的类别之后,可以发现国内学术界的知识融合研究主要集中在计算机科学、图书情报、工程技术,经济与管理以及教育学等 5 个学科领域,具体数量分布见图 2。

2.3 知识融合研究内容分析

在基本统计的基础上,分别对计算机科学、图书情

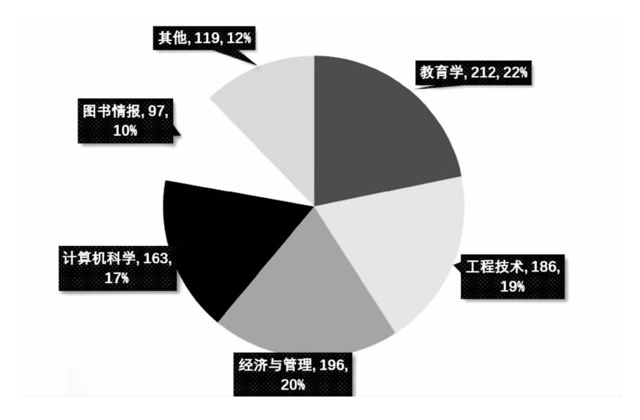


图 2 论文的学科分布

报、工程技术、经济与管理以及教育学 5 个学科领域近 5 年来的相关论文开展共词网络分析,以便概括了解各领域中知识融合研究的主要内容和重点问题,对不同学科视角下的知识融合研究现状进行分析与解读。

总体来说,计算机领域和工程技术领域的知识融合研究取向是技术和应用,但是在研究主体的侧重点上有所不同;图书情报领域的知识融合研究在应用技术的同时更突出其面向社会和用户的属性;经济与管理领域的知识融合研究重点是如何恰当应用管理手段提升知识的价值;而教育学则研究知识融合在个体认知过程中的作用。

2.3.1 计算机领域的知识融合研究 图 3 是计算机领域中基于论文关键词的共词网络图。结合论文内容分析,总体来说,除了传统的数据融合、信息融合这类经典研究内容以外,计算机科学领域的知识融合研究近年来主要集中在以下两个方面:一是基于知识工程的知识融合理论、技术与应用;二是互联网和大数据环境下的知识融合理论、技术与应用。

知识工程这一概念由美国计算机科学家费根鲍姆于 1977 年提出,是指利用人工智能的原理和方法,对那些需要专家知识才能解决的应用难题提供求解的手段,恰当运用专家知识的获取、表达和推理过程的构成与解释,是设计基于知识的系统的重要技术问题[3]。知识工程研究的是如何用计算机解决知识的获取、表示、组织、管理及利用问题,目的是通过将知识加以规范化和形式化并寻求最优的知识计算过程的流程化步骤,从而实现计算机对知识的操作[4-6]。目前对知识工程的研究内容还有不同的认识,但概括地说,知识工程研究包括知识度量、知识推理、知识融合三个子范畴[7]。也就是说,知识融合是知识工程的关键技术之一,其重点在于通过融合将多源知识综合为新的知识,从而提高知识的内涵、层次和置信度,帮助决策者凭借

李广建，陈瑜. 知识融合研究的现状分析及建议[J]. 图书情报工作,2019,63(1):41－51.

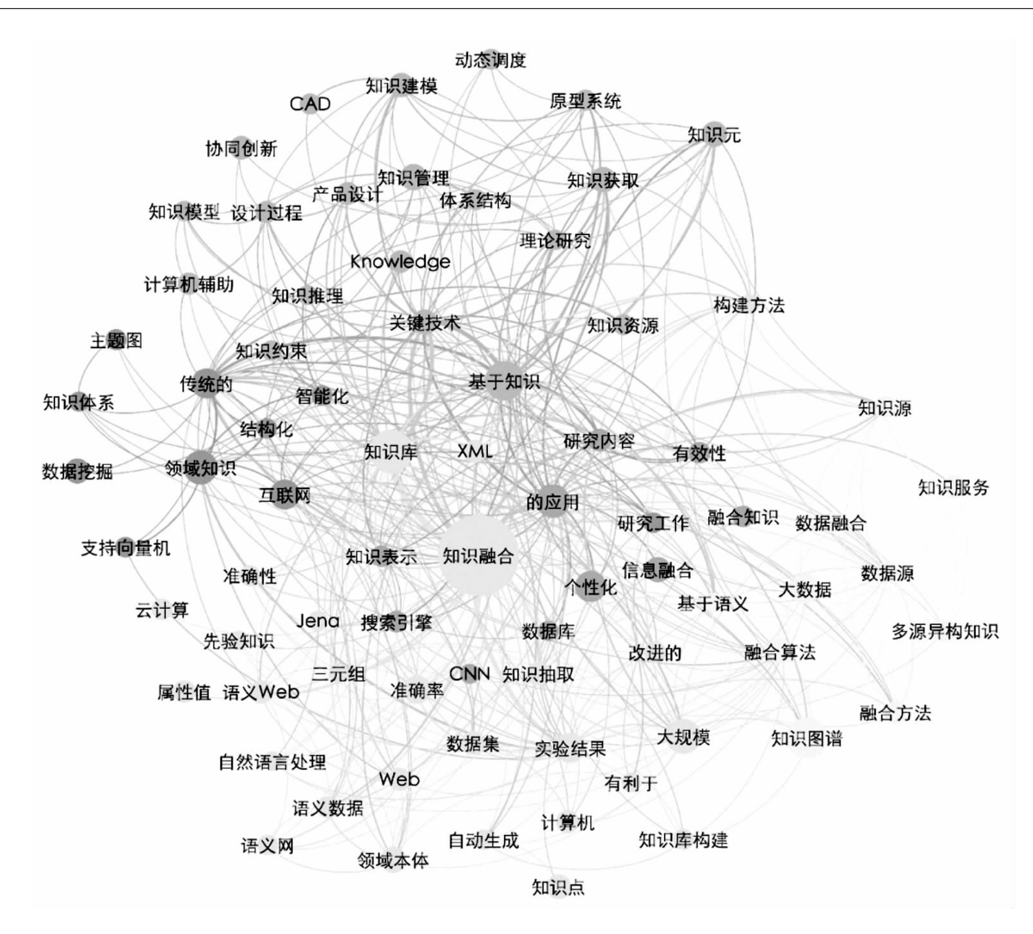


图 3　计算机科学领域共词网络

新的融合知识做出更高效、正确的判断，从而提高决策水平。因而，知识融合算法是实现多源知识融合的关键技术，直接影响融合效果[8]。计算机领域中现有的知识融合方法研究，既包含了传统的数据融合、信息融合方法及其继承和延伸，也包括了基于人工智能的融合方法。其中，传统融合方法有经典概率推理、经典贝叶斯推理、贝叶斯凸集理论、D-S 证据理论法、卡尔曼滤波法、模糊逻辑、粗糙集、小波变换等基于经典数学理论及信息论的方法；基于人工智能的融合方法有聚类分析、神经网络、支持向量机等[9]。

在互联网和大数据环境中，催生了适应大数据储存、处理、分析的计算机技术，因此这类研究与知识工程角度的知识融合研究侧重点也有所不同，特别关注以 Web 为主要来源的多源异构数据。与知识工程框架下的知识融合不同，这类研究的知识的主要来源不是预先定义好的知识库，而是更关注能够从网络获取的众多公开的分散、异构、碎片化的数据中包含的多源异构、语义多样、动态演化的知识[10－11]。在这个过程中，除了知识工程领域中知识融合的内容仍在不断地被改造和深化，以适应大数据融合的需求以外，还有一些新的技术挑战，是当前计算机领域知识融合关注的问题，包括但并不限于[12－13]：①数据流的动态性的挑战。以往各种数据处理的方法，无论是基于规则的方法，还是基于学习的方法，都以“不变”为前提，即处理对象是数据量和数据特征不变的静态数据，规则的构建或模型的训练均源自有限且不变的数据集合，这种以“不变”为前提的处理方法不能适应对大数据知识融合的处理，需要寻找新的处理方法。②互联网知识的碎片化的挑战。互联网知识的碎片化增加了知识实体和关系的判别难度，来自不同数据源的有关同一事物的碎片化知识并非简单地“拼凑”到在一起就能得到正确的全局知识，而必须要解决知识抽象和建模、关系推演、深度知识发现以及普适机理的剖析和归纳等，这些技术在传统的知识工程中虽有涉及，但没有彻底解决。③跨数据类型的融合挑战。大数据环境下的知识融合必须要充分考虑数据类型，类型多样、数据结构复杂是大数据的重要特征，文本、音频、视频、图片、地理信息等数据类型和数据形式共存。与以往单一类型知识的融合不同，大数据环境下的知识融合需要充分考虑不同数据源的特点并对它们进行处理，从而将它们合理且无缝地融合到一起。

从以上两方面分析可以看出，计算机科学领域的

知识融合研究具有明显的技术取向，研究重点是知识融合实现的理论、方法和技术。

2.3.2　工程技术领域的知识融合研究　图 4 是工程技术领域论文关键词的共词网络图。从图 4 可以看出，知识融合在故障诊断中的应用是工程技术领域知识融合的研究特色，这类研究通常以"硬数据"作为融合主体。随着知识工程的兴起，工程技术领域的知识融合研究范围进一步拓展，比较有代表性的是其在产品开发与设计中的应用。此外，知识库、知识表示、神经网络、核函数这类关键词大量出现，说明"软数据"中常用的知识处理方法与技术逐渐受到了工程技术领域的重视。

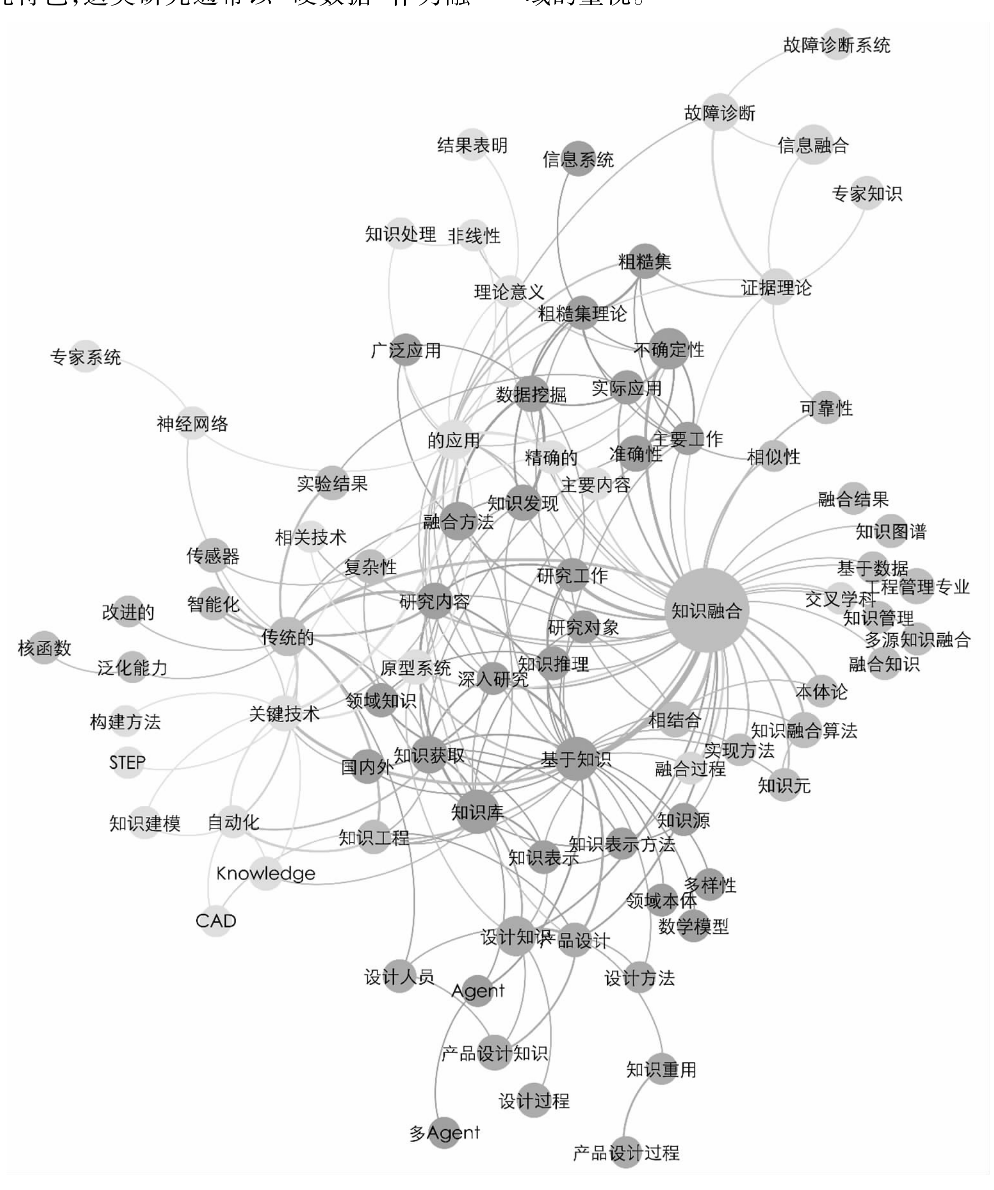


图 4　工程技术领域共词网络

产品开发与设计是需要运用大量知识的智能活动。在知识库系统支持下的计算机辅助程序设计成为实现产品开发和设计的新途径，被称为智能计算机辅助设计（intelligent computer aided design，ICAD）[14]。按照现代创新设计理论的理念，产品设计的创新是一个知识融合过程，要充分利用显性和隐性知识进行知识建模。与工业产品设计相关的多源知识包括：①已有知识；②市场信息；③数字仿真和虚拟现实；④物理模型试验；⑤样机试验；⑥已有产品运行中的表现（用户反映），涵盖了元知识和领域知识两个层面[15]。基于知识融合的产品设计过程的一大特点是知识重用，其基本原理是运用增量方式获得分析专家知识的能力，来自动化产品设计的仿真分析流程。知识融合技术可以应用于与车辆[16]、发动机[15]、航天器[17]、航空设备[18]等相关的工业产品设计过程中，是工业设计领域的一个前沿和发展趋势。

提高大型复杂设备、生产过程和大型系统运行可靠性，防止和杜绝影响正常任务完成的故障的发生，一直是工程技术领域关心的课题，计算机技术和人工智能技术的发展为故障诊断技术智能化提供了助力[19]。智能化故障诊断综合利用被诊断对象运行状态的物理信息和各类专家知识，将数据、信息和知识有机融合，形成关于系统运行状况和故障状况的综合评价，为系统维护提供智能化的决策。在实际的融合诊断系统中，既包括数据融合，也要包括知识融合，还要包括由数据到知识的融合（数据采掘）和由知识到数据的融合（数据关联），它们是一个有机的整体[20]。融合诊断系统的诊断方法包括基于定性、定量模型的诊断方法以及基于人工智能的诊断方法，后者通常采用神经网络方法，侧重专家知识、案例知识的融合。目前很多研究综合应用了上述方法，应用涉及热能动力[21]、航空航天[22]、冶金化工[23]、机械工程[24]等领域。

工程技术领域中的知识融合研究以应用为导向，在具体的技术方法研究方面，与计算机科学领域的研究内容有重合。但工程技术领域中的知识融合研究更注重将知识融合的理论、方法与技术应用于工程技术实践，大部分研究面向生产实践，将知识融合作为工具，用以解决具体生产过程中的问题。因而，工程技术领域的知识融合研究多与具体应用场景紧密地联系在一起，具有很强的应用性和专门性特征。

2.3.3 图书情报领域的知识融合研究　图5是图书情报领域共词网络图。从主题词的分布来看，图书情报领域的知识融合研究主题覆盖范围较广，既有图书情报学领域本身的特色，又与计算机科学、管理学、传播学的研究主题有广泛重叠。结合文献内容分析，却可以发现图书情报领域中的知识融合与计算机科学、工程技术领域的知识融合有很大不同。

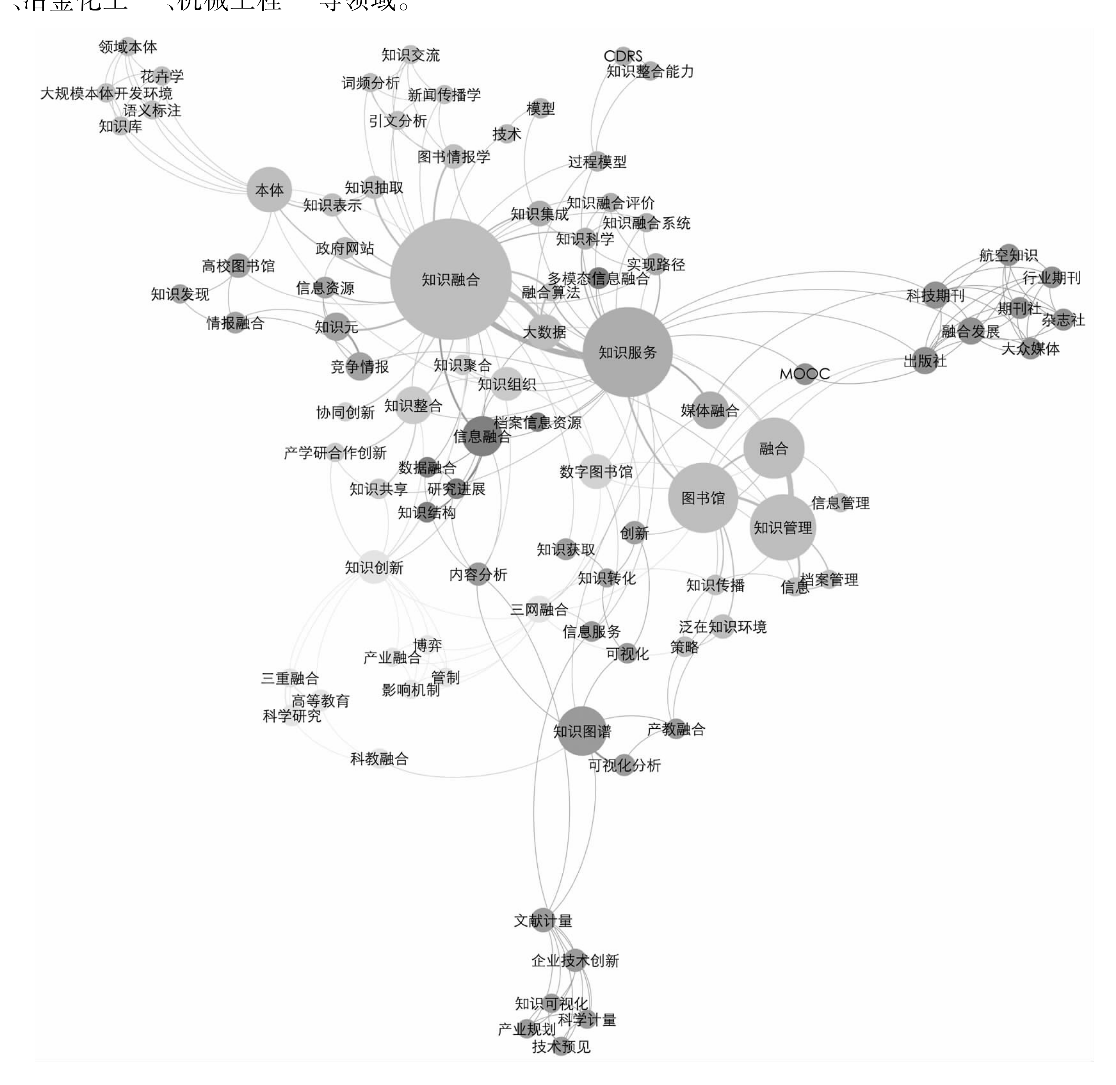


图5　图书情报领域共词网络

按照 J. Llinas 的观点[25]，知识融合的对象包括“硬数据”和“软数据”两类，前者是来自传感器、探测仪等设备结构良好、易于机器理解、用于表征事物物理状态的信号数据；后者是指由人类产生的、用自然语言表达的非结构化数据（自由文本，如文章、网页、社交媒体等）或结构化数据（如人类通过表单键入的数据库或 XML 文件等）。对计算机科学和工程技术领域的知识融合来说，这两类数据都是它们的研究对象，其中“硬数据”一直以来都是这两个领域的研究主体。随着知识工程及 Web 的兴起，“软数据”逐渐被纳入到这两个研究领域中，并得到了重视。图书情报领域中的知识融合研究要比计算机科学和工程技术领域开展得晚一些，使用知识融合这一概念要比上述两个领域晚的多。实际上，图书情报学在起源上以文献研究对象为主，只是后来扩展到了信息、知识、智慧等。因此，图书情报学的知识融合研究从一开始就不言自明地被限定在了“软数据”的范围内，研究旨在“通过对众多分散、异构资源上知识的获取、匹配、集成、挖掘等处理，获取有价值或隐含的新知识，为某一领域问题的求解提供知识服务”[26]。

根据文献的内容，可以将图书情报领域中的知识融合研究归纳为两类，第一类是关于知识融合方法、技术、算法及其应用的研究。这类研究的主题与计算机领域中的通用方法、技术、算法基本一致。不同之处在于，所有这些研究都与图书情报领域当中的知识服务的具体需求相结合，用来解决知识服务的实际问题。这一部分研究与工程技术中面向应用的特点更加接近，差别在于图书情报领域的研究对象是“软数据”，最终要满足人的知识需求，而不是像工程技术领域中侧重于“硬数据”，关注于解决机器的智能化问题。第二类是关于知识融合的体系架构研究，这类研究与计算机领域及工程技术领域中面向系统生成的体系框架不同，是一种综合了计算机领域及工程技术领域中相关研究的、更具抽象性和宏观指导性的框架模型，典型代表有张心源等[27]、唐晓波等[28]、王曰芬等[29]的研究。这类研究虽然不及计算机科学领域和工程技术领域研究的技术性和可实现性强，但由于图书情报学科研究以用户和服务为本的特征，决定了所提出的框架模型是合理、优化特定求解需求的知识融合体系结构的良好理论铺垫[30]。

无论是图书情报领域的知识融合研究中的方法、技术、算法及其应用研究，还是有关知识融合的体系架构研究，都具有十分强烈的面向社会/用户的特点，属于社会/用户取向的知识融合研究，这是由图书情报学的学科特点决定的。也就是说，图书情报领域虽然研究知识融合的理论、技术、方法和应用，与计算机和工程技术研究领域有交叉，但从本质上说，技术实现和算法级优化并不是图书情报领域知识融合研究的核心内容。面向用户需求，借助一般的、通用的知识融合理念、技术和方法，依托文献资料、Web 数据等以文本为主的多源知识源，为用户提供更智能化、个性化的知识服务是图书情报开展知识融合研究的主导特色。

2.3.4 经济与管理领域的知识融合研究 经济与管理领域中的知识，侧重于对知识价值的研究。认为知识是具有价值与使用价值的人类劳动产品，是一种动态的资本形式[31]。图 6 是经济与管理领域的共词网络图，从图 6 可以看出，经济与管理领域的知识融合研究主要是围绕各类组织的知识整合、知识管理展开的。

在知识经济的时代背景下，对知识创造过程和知识的应用进行规划和管理，已经成为企业、高校、科研机构等知识密集型组织开展知识创新的核心，成为知识融合提高创新能力的关键[32]。在企业中，知识已经逐步取代其他资产，被视为企业创建核心能力和提升经营绩效的最重要的资产，企业的竞争优势来自知识融合，而不是单一的知识[33]。这一类研究主要围绕组织知识融合的模式、机制、效果和能力展开。如何有效融合组织内部个体的隐性知识、显性知识、行为模式知识，以及组织外部对组织有益的知识，达到组织知识积累的目标，帮助组织完成知识创新任务、提高组织绩效、促进组织发展，是这类研究的主要内容。企业员工、企业内部、产业集群等不同层面的组织内部或跨行业、跨领域的知识共享与知识融合都属于这类研究关注的内容[34-40]。

企业并购过程最能够凸显知识融合的重要性，这里以企业并购中的知识融合为例，简要说明经济与管理领域中知识融合研究的特点。知识融合是企业并购后资源融合最重要的组成部分。并购企业知识整合通常会经历三个阶段，分别是知识保护阶段、知识转移阶段、知识融合与协同创新阶段，知识融合与创新是知识整合的最终目标。参与并购的组织之间显性知识的融合主要依靠组织的学习机制来实现，这个过程并不是将两个企业的显性知识简单地组合在一起，而是通过基于知识匹配、知识融合的知识重构来实现显性知识的融合和创新。隐性知识融合的主要途径是对话，并购方通过对话交流的方式获取对方的隐性知识，进而与原有的知识体系进行融合，创造出新的知识[41-43]。

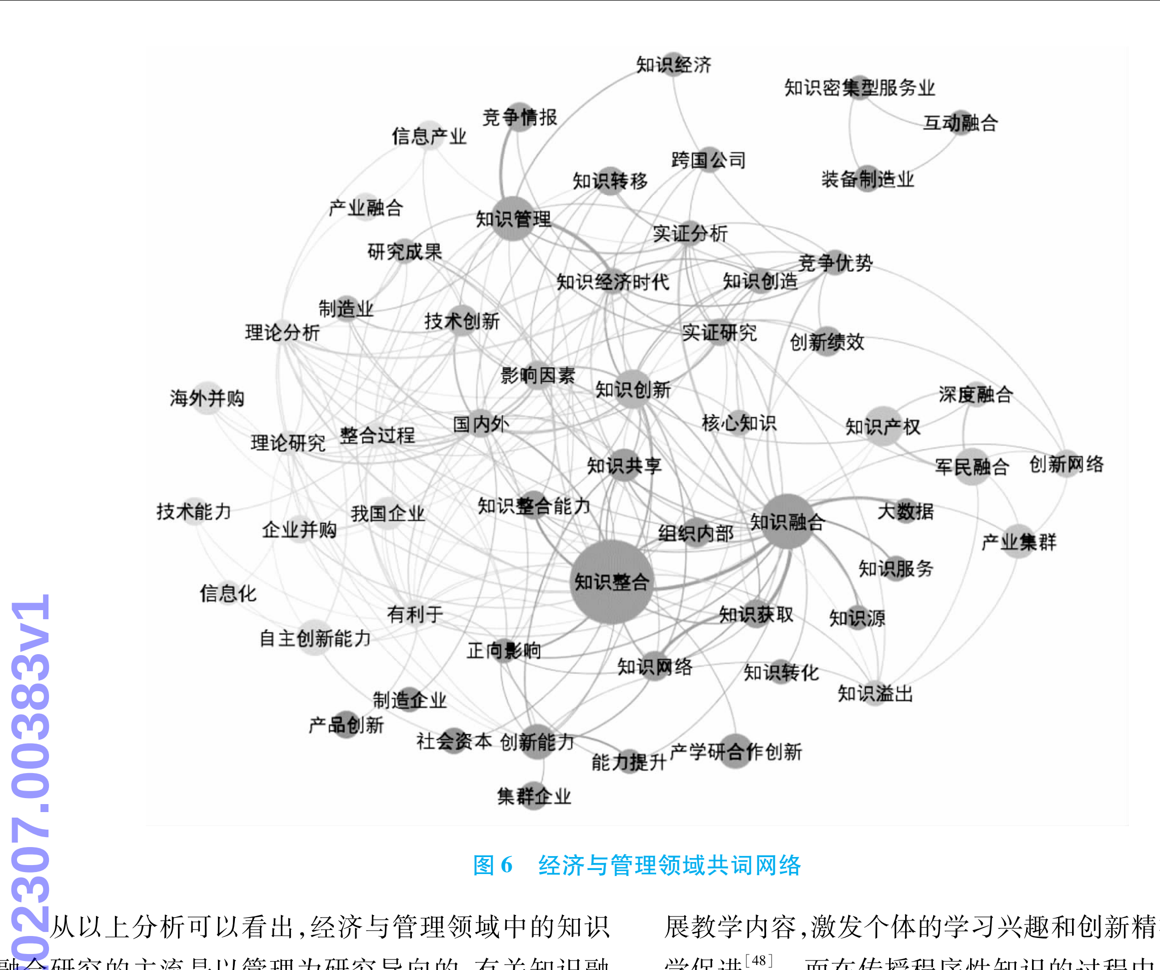


图 6　经济与管理领域共词网络

从以上分析可以看出,经济与管理领域中的知识融合研究的主流是以管理为研究导向的,有关知识融合理论和具体应用层面研究也重在探讨如何为企事业单位管理服务。管理取向的知识融合以知识观理论、知识管理理论、知识转移理论[42]、社会交换理论、计划行为理论等管理学、心理学和组织行为学理论等[44]为基础和观察视角展开研究。相关应用研究涉及知识地图、知识管理系统等[45－47],重在借助一定的工具和技术,完成管理的任务,而不太研究技术实现层面的问题。

2.3.5　教育学领域的知识融合研究　图 7 是教育领域的共词网络图。从图 7 可以看出,教育学领域的知识融合研究主要围绕教育教学中的理论与实践展开,研究重点大致可以分成教学方法与模式研究、教育教学改革、高校科研及团队建设等 3 个方面。其中,高校科研及团队建设主要涉及产学研协同创新过程知识融合以及高校科研团队的知识共享和知识融合问题,这类研究主题和经济与管理领域的相关主题一致,这里不再赘述。

教学方法与教学模式中的知识融合研究,旨在提高教学效率和个体学习效率。在以陈述性知识为主要内容的课堂教学中,通过多源知识融合能够丰富和拓展教学内容,激发个体的学习兴趣和创新精神,实现教学促进[48]。而在传授程序性知识的过程中,重点要解决“做什么”和“如何做”的问题,从而进行操作和实践。前者注重课堂横向知识与纵向知识的融合,后者关注理论知识与实践知识的融合。

教育技术也是教育领域中的知识融合研究热点。随着信息技术的发展,教育技术领域提出了信息技术与教育“深层融合”理念,旨在探寻有效的、实现信息技术与学科教学深层次融合的途径,真正触及教育系统结构性变革。例如,基于整合技术的学科教学知识(TPACK)框架就是一种融合了包括信息技术知识等多要素融合的教学法。TPACK 是学科内容知识(content knowledge,CK)、教学法知识(pedagogical knowledge,PK)和技术知识(technology knowledge,TK)三要素融合的有机整体,该框架以技术知识融合思想为基础,在教学策略、教学方法等层面融入技术因素,改进教学活动中知识构建的方式[49]。

课程与专业设置的改革是教学改革的重要组成部分,这类研究在职业教育、成人教育以及高等教育中比较多。随着社会对交叉学科人才需求的增长,很多高校、职业学院等教育机构在逐步设立交叉学科专业,这些专业的课程设置更加丰富,将多学科知识融合到一

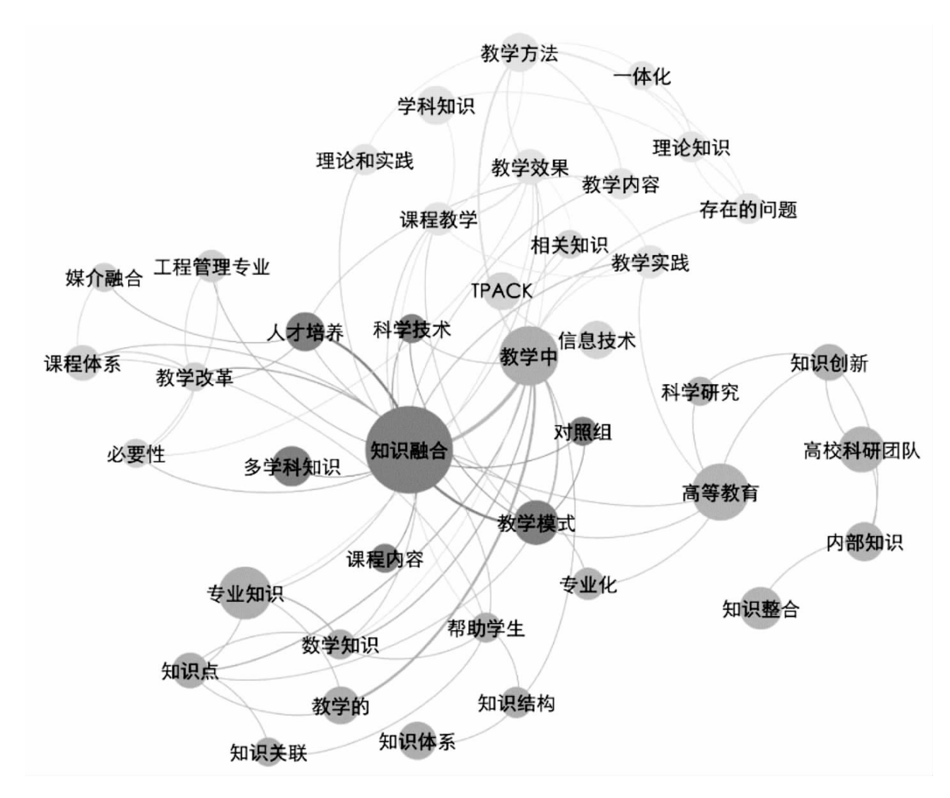


图 7 教育领域的共词网络

套课程体系当中,目标是培养宽口径、厚基础、重实践的复合型人才,满足多元化的社会发展需求[50-51]。

从以上的分析中可以看出,教育学领域的知识融合对象是教育教学过程中传授的知识,属于"软数据"范畴。教育学领域的知识融合研究还有一个区别于其他领域研究的特点,即它更关注个体(受教育者)通过与环境相互作用后获得新知识并融入到个人的已有知识体系的过程,关注如何优化该过程以促进受教育者的知识吸收。这个过程,从本质上来说是人的认知过程。因此,我们说教育学领域的知识融合是一种认知取向的研究。

3 开展知识融合研究建议

从以上的分析可以看出,有关知识融合的研究是一个跨学科的领域,涉及到了不同的研究取向。每一个学科都是从各自的角度出发对知识融合展开研究的,而每一个学科的研究都必然要受自己学科传统和学科视角的限制。因此,要想全面地理解和准确地把握知识融合的全部内容,就必须要从全学科领域的角度来探讨知识融合。近年来,图书情报领域对知识融合研究越来越关注,一方面反映出这是学科发展的需要;另一方面,也反映了"软数据"知识融合的需求在增加,并且以往有关知识融合的研究还不能满足大数据环境下社会发展对知识融合的要求,这是图书情报领域学科的机遇和增长点。同时,我们还应该注意到,正是由于社会对知识融合的需求,其他学科在原有研究的基础上,也在不断地发展进步。在这种情况下,图书情报领域的知识融合研究应该如何发展,如何借鉴相关学科的研究成果等,是值得我们探讨的问题。结合对知识融合的认识,笔者就图书情报领域开展知识融合研究提出以下建议。

3.1 加强知识融合的跨学科研究

知识融合研究的 5 个取向表明,知识融合具有很强的交叉学科特点。技术取向的知识融合研究以技术实现过程中的理论、框架、系统、流程、算法、要素等为研究重点,侧重各类技术方法的改进、创新与评估评价,为知识融合提供了技术基础。面向应用的知识融合研究立足知识融合工程技术,将技术理论和方法应用于具体的实践场景,积累的应用系统设计、开发和利用的经验,为知识融合提供了实践应用的基本准则和一般规律。用户取向的知识融合研究瞄准社会需求,面向社会,实现知识融合的社会价值,为技术及其应用指明了方向。有了技术手段和目标,要取得好的效果,还要与良好的组织和管理相结合,使得知识融合的过程有序、良性发展。这时,管理取向的知识融合就大有可为了。最后,知识融合的最终目的是提高人的认识

水平，认知取向的知识融合关注知识融合中的个体，是对知识融合最本质、最深刻的研究，其研究成果构成了知识融合的哲学和认识论基础，也是其他几种研究取向的逻辑起点。

由此可见，对于知识融合的研究，缺少了任何一种研究取向或研究视角，都是不完整的。因此，要构建一个完善的知识融合理论体系，就需要我们进一步开展跨学科的研究，吸收各领域研究中有特色和有益的成果。就图书情报领域中有关知识融合的研究而言，最近几年有很大的进展，成果颇丰。但是，从研究的内容来看，当前的研究对计算机领域中有关知识融合研究的关注和借鉴比较多（这当然与计算机领域开展相关研究最早，研究成果较多有关系），对其他研究取向的成果关注相对较少。因此需要我们在这方面做进一步改进，进一步广泛地吸收不同学科领域中的养分，不断完善和丰富知识融合研究的内容。

3.2 构建统一的知识融合理论

近年来，有关知识融合的研究在除了教育领域以外的学术界，由“冷”变“热”，又得到了充分的重视。究其原因，与大数据的理念、方法与实践的迅猛发展有关。大数据环境下对知识融合的需求更加迫切，电子商务、军事安全、地理遥感、管理科学等诸多学科领域都已经先行先试，取得了一批实践成果，有了很好的收获。相对而言，学术理论界对知识融合研究的步伐并未走在前列。当前知识融合的理论研究还十分匮乏，很多研究还分散在不同学科、理论的知识点还是零散的，缺乏系统性和完整性，也缺乏层次上的统一性。因此难以广泛解释知识融合的种种现象，难以指导知识融合的各类实践，各种取向的知识融合研究成果无法有机地联系到一起。为此，迫切需要建立统一的理论框架，吸收和容纳相关的研究，做到理论融合，使不同的概念在这套理论体系中既有区别，又相互联系，又各自定位，相互配合，解决以往单一理论难以全面阐释与指导的问题。这是对当前研究过于分散、缺乏成熟理论指导的重要补充，同时也是后续研究所倚赖的基础，是一个非常基础而重要的问题。

在这方面，作为后来者的图书情报领域在知识融合研究上有着得天独厚的优势，应该有所贡献。无论是“软数据”知识融合，还是“硬数据”知识融合，最终都是要解决社会发展中的问题。即使“硬数据”知识融合主要是解决机器的智能问题，但这种机器智能也是为了要满足人的需求。所以，从这个意义上来说，对社会需求的理解、对人的需求的理解，是知识融合研究的起点。以此为基础，首先，图书情报领域里的用户需求研究本来就有非常强的基础，有意识地对图书情报研究的这一强项加以利用，开拓视野，必将厘清大数据时代知识融合的需求分析与特征研究，为统一理论的构建奠定基础。其次，图书情报本身是应用性很强的研究领域，在其发展过程中，非常广泛地应用了信息技术、自动化、管理科学、教育学的知识，图书情报学中的很多概念和思想就来自于这些学科。这意味着，图书情报与不同取向的知识融合研究的背景学科有着天然的联系，因此能比较容易地吸收和集成不同取向的知识融合研究成果。最后，在图书情报领域里的知识融合研究过程当中，已经有相当一部分学者充分注意到了知识融合理论研究匮乏的现状。出于情报工作人员的职业敏感性，对国内外知识融合的分布、主要研究内容、当前热点、未来发展趋势、建议对策等进行了一系列情报分析，可能对这个问题有比其他领域的专家学者有更多的认识。另外，图书情报领域已经开展了有关大数据环境下的知识融合概念、支撑理论、融合框架、方法体系等方面的研究。虽然这些研究还是初步的，但已经开了一个好头。

3.3 加强应用研究

目前，知识融合在机械制造、工业设计、自动化等以“硬数据”为对象的应用中已经比较成熟，有很多经典的案例。但相对而言，以“软数据”为对象的知识融合应用则很不成熟。这是因为“软数据”对象本身的处理，从采集到表示、从表示到整合、从整合到融合、从融合到服务，这一链条上还有很多技术难点没有攻克，对现有成熟技术的应用还强烈依赖于应用场景，用户吸收知识和信息的机制还没有完全厘清等。这些问题固然可以通过理论和技术的攻关得以解决，但从实践中来，到实践中去，通过应用驱动也不失为一种好办法。

一方面，图书情报机构拥有丰富的知识资源，为“软数据”的知识融合提供了实验床。任何一种知识融合，都离不开知识资源。技术与资源的结合，才是知识融合应用的必由之路。这方面，数字图书馆建设已经为我们作了证明。尤为重要的是，从知识融合发展趋势来看，大数据环境和人工智能环境下“软数据”的知识融合将是研究的重点，代表了知识融合的发展趋势和方向。以图书情报领域为依托，开展知识融合研究，是一种必然。另一方面，大数据环境下，图书情报进入了知识服务时代，所谓的知识服务是以信息知识的搜寻、组织、分析、重组的能力为基础，根据用户的问

题和环境,融入用户解决问题的过程之中,提供能够有效支持知识应用和知识创新的服务[52]。这里所说的分析、重组、融入用户解决问题的过程,在本质上就是知识融合。因此,知识融合本身就是知识服务的要求和必经的路径,开展知识融合的应用研究符合图书情报发展的趋势,也是开展知识服务的前提。

4 结语

随着人类社会进入大数据时代,整个世界仿佛都被数字化了,而人类大脑是唯一还没有被数字化的"模拟设备",大数据环境为人类大脑模拟化的进程提供了环境准备。在大数据环境中,已经蓄积了丰厚的信息、数据和知识资源。但是知识具有离散分布性,在离散分布的基础上又趋向于集中,需要知识融合将碎片化的知识进行有机粘合。同时,隐性知识和默会知识的存在,以及隐性知识表示和挖掘的巨大价值,增加了知识融合的复杂性和必要性。知识融合是提升决策支持和知识服务智能程度的关键环节,将会催生超级智能、融合智能等新的智能形态,是相关领域学者们必争的研究课题之一。本文总结了知识融合研究的5种导向,提出了图书情报领域知识融合研究当前应该关注的问题,以期引起图书情报领域同仁对知识融合研究的关注。

参考文献:

[1] 刘晓娟, 李广建, 化柏林. 知识融合:概念辨析与界说[J]. 图书情报工作, 2016,60(13):13-19.
[2] 赵蓉英, 张心源. 大数据环境对知识融合的影响研究[J]. 情报学报, 2017, 36(9):878-885.
[3] 童天湘. 人工智能与第N代计算机[J]. 哲学研究,1985(05):12-20.
[4] FREDERICK H,黄祥喜,邱涤虹. 知识工程概况[J]. 计算机科学,1986(3):1-17.
[5] 唐怀坤. 基于知识工程的通信工程设计专家系统研究[J]. 通信与信息技术,2018(4):21-25.
[6] 史忠植,杨至成,方健梅. 知识工程[J]. 计算机学报,1986(4):241-248.
[7] 王瑜. 知识工程中知识度量、推理与融合的若干关键技术研究[D]. 上海:复旦大学,2004.
[8] 周芳,王鹏波,韩立岩. 多源知识融合处理算法[J]. 北京航空航天大学学报,2013,39(1):109-114.
[9] 肖斌, 段承先, 阎高伟. 多传感器信息融合及其在工业中的应用综述[J]. 电脑开发与应用, 2007, 20(10):27-29.
[10] 张瑶,李蜀瑜,汤玥. 大数据下的多源异构知识融合算法研究[J]. 计算机技术与发展,2017,27(9):12-16.
[11] 林海伦,王元卓,贾岩涛,等. 面向网络大数据的知识融合方法综述[J]. 计算机学报,2017,40(1):1-27.
[12] 孟小峰,杜治娟. 大数据融合研究:问题与挑战[J]. 计算机研究与发展,2016,53(2):231-246.
[13] 吴信东,何进,陆汝钤,等. 从大数据到大知识:HACE + BigKE[J]. 自动化学报,2016,42(7):965-982.
[14] 陈立潮. 知识工程与专家系统[M]. 北京:高等教育出版社, 2013.
[15] 乌景瑞, 杨灵, 张国渊,等. 基于多源知识融合的滑动轴承设计研究[J]. 润滑与密封, 2008, 33(8):80-83,87
[16] 陈珂, 殷国富, 赵武. 基于知识融合的汽车后桥差速器齿轮结构优化[J]. 工程科学与技术, 2009, 41(4):208-212.
[17] 何苗, 常好丽, 杨海成. 基于共享智力模型的复杂产品协同创新平台研究[J]. 制造业自动化,2008,31(1):9-12.
[18] 熊青春, 陈才. 基于知识融合的数控加工工艺信息平台研究与实现[J]. 精密制造与自动化, 2009(4):55-58.
[19] 郑伟, 戴进. 多传感器信息融合技术在工业中的应用[J]. 中国电力教育, 2007(s3):172-174.
[20] 张彦铎, 姜兴渭, 黄文虎. 基于信息融合的空间站自主故障诊断技术研究[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(2):58-60.
[21] 蔡鼎. 融合先验知识的燃气轮机欠定气路故障诊断方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2015.
[22] 葛哲学, 杨拥民, 胡政,等. 基于知识的直升机自动驾驶仪故障融合诊断策略[J]. 中国机械工程, 2006, 17(4):338-342.
[23] 袁杰, 王福利, 王姝,等. 基于D-S融合的混合专家知识系统故障诊断方法[J]. 自动化学报, 2017, 43(9):1580-1587.
[24] 魏少华. 基于声强知识与神经网络融合技术的发动机故障诊断研究[D]. 南京:南京理工大学, 2006.
[25] LLINAS J. Information fusion process design issues for hard and soft information: developing an initial prototype[M]// Intelligent methods for cyber warfare. New York:Springer, 2015:129-149.
[26] 唐晓波,魏巍. 知识融合:大数据时代知识服务的增长点[J]. 图书馆学研究,2015(5):9-14,8.
[27] 张心源,邱均平. 大数据环境下的知识融合框架研究[J]. 图书馆研究,2016(8):66-70,43.
[28] 唐晓波,朱娟,杨丰华. 大数据环境下的知识融合框架模型研究[J]. 图书馆学研究,2016(1):32-35,18.
[29] 王曰芬,岑咏华. 大数据时代知识融合体系架构设计研究[J]. 数字图书馆论坛,2016(10):16-24.
[30] 张心源,邱均平. 国内图书情报领域知识融合研究的发展与分析[J]. 数字图书馆论坛,2016(3):17-23.
[31] 李志刚. 知识管理原理、技术与应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2010.
[32] 李力, 熊炬成. 基于技术界面开放的创新联盟知识融合机理研究[J]. 科技进步与对策, 2015(14):122-126.
[33] 陈静. 社会资本理论视角下的知识整合能力研究[D]. 天津:天津大学, 2010.
[34] 潘玮. 基于IDE-SECI模型的企业知识整合研究[D]. 长春:吉林大学, 2015.
[35] 王小健, 刘延平. 基于多源知识融合的企业知识管理方法

[J]. 科研管理, 2015, 36(8):77 -85.
[36] 王彦博. 基于知识创新的跨组织网络的微观层面研究[D]. 天津:天津大学, 2011.
[37] 胡蓓, 王聪颖. 基于信息融合的发展中国家高技术产业集群知识融合与创新模型研究[J]. 图书情报工作, 2009, 53(2):38 -38.
[38] 陆小成. 生产性服务业与制造业融合的知识链模型研究[J]. 情报杂志, 2009, 28(2):117 -120.
[39] 刘旭友. 论知识对产业融合的作用——知识共享的视角[J]. 经济师, 2008 (9):11 -12.
[40] 张近乐, 张坤. 陕西省军民融合产业园区知识共享影响因素模糊认知研究[J]. 西北工业大学学报(社会科学版), 2014, 34(2):59 -64.
[41] 王晓杰. 我国企业海外并购后的知识整合研究[D]. 济南:山东大学, 2009.
[42] 杨文睿. 基于知识基础观的海外并购技术整合及风险研究[D]. 北京:北京交通大学, 2017.
[43] 季成. 跨国并购的智力资本整合研究[D]. 上海:上海交通大学, 2007.
[44] 于婷. 高校科研团队内部个体知识整合行为研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学, 2016.
[45] 曹霞, 刘国巍, 付向梅,等. 基于网络视角的知识整合过程机理及仿真[J]. 科学学研究, 2012, 30(6):886 -894.
[46] 宋新平, 程书萍, 张海斌,等. 信息融合在大型工程项目管理及审计中的应用探析[J]. 现代管理科学,2012(1):43 -46.
[47] 周芳, 韩立岩. 基于知识融合的公司失败判别方法[J]. 财会通讯:综合, 2015(3):61 -63.
[48] 李涛, 周华. 多学科知识融合的免疫学教学策略[J]. 基础医学教育, 2015(8):664 -666.
[49] 戴锡莹. 基于 TPMK 的数学教师教育技术知识构建研究[D]. 长春:东北师范大学, 2014.
[50] 张运凤, 孙垦. 基于知识融合的水利工程硕士教育协同培养观[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2010, 26(1):102 -104.
[51] 全晓燕. 融合教育背景下高校学前教育专业课程设置研究[J]. 教师教育论坛, 2016, 29(3):45 -50.
[52] 张晓林. 走向知识服务:寻找新世纪图书情报工作的生长点[J]. 中国图书馆学报,2000(5):30 -35.

作者贡献说明:
李广建:负责论文选题及写作思路和框架的确定、论文修改与审校;
陈瑜:负责资料调研、数据分析、论文初稿撰写。

Analysis and Suggestions on Knowledge Fusion Research

Li Guangjian　Chen Yu
Department of Information Management, Peking University, Beijing 100871

Abstract: [**Purpose/significance**] Human society is experiencing a leap from "information" to "intelligence" in the process of transition from the information society to the post-information era. Under the dual effects of the large data environment and the development of artificial intelligence technology, knowledge fusion, as a key link in the process of knowledge and intelligence, provides an important theoretical and technical support for improving knowledge services and intelligence services and promoting the formation of advanced intelligence. Knowledge Fusion research based on multi-disciplinary perspective, will provide a reference for comprehensively explaining the research status of knowledge fusion and constructing a unified theoretical framework of knowledge fusion. [**Method/process**] In this paper, the quantitative and qualitative methods of literature analysis are used to analyze the research status of knowledge fusion in different disciplines, and summarize the main research contents and concerns of knowledge fusion in different disciplines, the factors involved in knowledge fusion, and the application scenarios of knowledge fusion. [**Result/conclusion**] Knowledge fusion is a multi-disciplinary field with fuzzy conceptual boundaries and scattered research fields, and has not yet formed a unified research framework. Based on the literature review and the previous research results of knowledge fusion, this paper divides the research orientation of knowledge fusion from the perspective of information management, and puts forward the "map" of knowledge fusion research, which provides reasonable suggestions for the research of knowledge fusion.

Keywords: knowledge fusion　multi-disciplinary perspective　current research status　research suggestions